

都市鉄道サービスにおける運賃支払方法による価格弾力性の差異に関する分析*

Comparison of Price Elasticity of Urban Railway Demand among Payment Modes

加藤浩徳**・中嶋義全***・家田 仁****

By Hironori Kato**, Yoshimasa Nakajima*** and Hitoshi Ieda****

1. はじめに

(1) 背景と目的

IT 技術の進歩に伴って、各種交通サービスにおいては、料金の支払に関する新たな仕組みとして、カードシステムや ETC 等の導入あるいは導入の検討が、急速に進みつつある。こうした新たな料金支払システム導入の検討にあたっては、支払方法の変化が利用者の交通行動に与える影響を分析することによって、導入による社会的効果を的確に予測、検討することが必要不可欠である。

ところで、消費者の価格認識が支払方法によって異なる可能性は常識的に想像されることである。ところが、従来までは以上のような支払方法の違いによる交通行動の差を明示的に分析したものがほとんどなかった。そこで本研究では、鉄道サービスを対象とし、運賃に対する利用者の感度が、運賃の支払方法によって異なるという仮説をたて、実際の利用者の行動結果より、この仮説の是非を検討することを目的とする。

(2) 研究の対象

本研究では、東京圏の都市鉄道ネットワークを対象に、私事を目的とする利用者の鉄道経路の選択行動に着目する。本研究で取り扱う支払方法は、プリペイドカード（以下、単にカードと呼ぶ）、回数券、普通券の3種類とする。なお、カードとは、改札を直接通過することの可能なプリペイドカード（パスネット、イオカード）を指し、定期券ならびに普通券等購入のためのプリペイドカード（JR が発行する

オレンジカード等）を含めない。

2. 分析の基本的な考え方

(1) 鉄道利用者の行動に関する仮説

本研究では、鉄道利用者の支払方法の差による運賃に対する感度の違いに関して、次の2種類の仮説を取り上げることとする。

仮説1：利用者層間の差異による仮説

カード保有者層と非カード保有者層との間では、運賃に対する感度が異なる。

仮説2：利用サービスの差異による仮説

同一の人物であっても、カードを利用しているサービス、回数券を利用するサービス、普通券を利用するサービスでは、運賃に対する感度がそれぞれ異なる。

(2) 仮説検証の方法

まず仮説1については、カード保有者と非保有者の2つの利用者層にサンプルをセグメント化し、それぞれの鉄道経路選択モデルをMNLモデルによって推定して、両者の違いを比較する。ここでは、両者の統計的な差を検証するために、尤度比検定法(likelihood ratio test)を援用することとする。

一方で、仮説2については、支払運賃の違いを考慮した運賃変数の設定を行った上で、仮説1の利用者層データをプーリングしてパラメータ推定し、支払方法の違いによる運賃パラメータ値を比較する。ここでは、パラメータ間の統計的な差を検証するために、漸近t検定(asymptotic t test)を用いることとする。

3. アンケート調査の実施とその結果

本研究では独自にアンケート調査を行い、データ

* Keywords 交通行動分析、経路選択

** 正員 博(工) 東京大学大学院工学系研究科
(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1,

e-mail: kato@trip.t.u-tokyo.ac.jp)

*** 正員 修(工) 国土交通省

**** 正員 工博 東京大学大学院工学系研究科

表-1 アンケート調査の主な質問項目

大項目	質問項目
個人属性	年齢, 性別, 最寄駅
各種チケットの保有	定期券: 有無と区間 プリペイドカード: 有無と種類 回数券: 有無と区間
利用実績	乗車駅, 降車駅, 利用経路

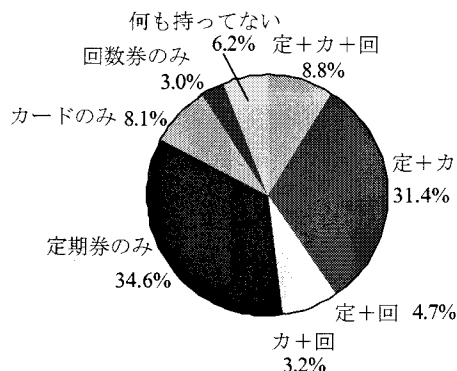


図-1 回答者の各種チケット保有状況(468 サンプル)

を収集した。アンケート調査では、回答者に表-1に示すような項目について回答してもらった。

調査は、同一のアンケート票について、Webを通じたものと、郵送配布・郵送回収との組み合わせによって行った。これは、当初 Web 上のみで調査を行ったところ、若年層のデータに偏ったため、より幅広い年齢層のデータを入手しようとしたためである。その結果、468 サンプル (Web : 270, 郵送 : 198) を回収できた。これらのサンプルのプリペイドカード、回数券の保有状況を示したものが図-1 である。

しかし、それらのうち、回答結果に問題のなく、分析に使用可能な有効回答サンプルは、最終的に 205 サンプルであった。この 205 サンプルを用いて以下の分析を行うものとする。

4. 仮説の検証

(1) 仮説 1 の検証

仮説 1 の検証に当たっては、通常の尤度比検定法ではなく、Swait et al.(1993)を参考に以下のようなステップで作業を行った。これは、MNL モデルには、パラメータとしてスケールパラメータ λ と特性変数パラメータ β が含まれるが、これらは常にセットでのみ推定される (つまり、 $\lambda\beta$ のみが推定される) た

め、もし仮に $\lambda\beta$ を対象に検定を行って仮説

$(\lambda\beta)^{card} = (\lambda\beta)^{noncard}$ が棄却されても、さらに両利用

者層間でスケールパラメータが異なる可能性を否定できないという問題があるためである。

【ステップ 1】

いずれかの利用者層のスケールパラメータ (ここでは、 λ_1 とする) を 1 に基準化する。その上で、各利用者層のサンプルデータをもとに、 β_1 と $\lambda_2\beta_2$ をそれぞれ以下の最尤推定法により推定する。

$$\text{Max}_{\beta^m} L^m = \text{Max}_{\beta^m} \left[\sum_n \sum_i \delta_{ni} \ln P_{ni} \right] \quad (1)$$

ただし、

δ_{ni} : 個人 n の選択肢 i の選択結果 (選択した場合は 1, それ以外は 0)

P_{ni} : 個人 n の選択肢 i の選択確率である。

その結果、各利用者層の最大対数尤度 L^1 と L^2 が得られる。

【ステップ 2】

仮説 : $\beta_1 = \beta_2$ を適用した上で、両利用者層のデータをプーリングし、 λ_2 の数値を変化させることによって、最大対数尤度 L_λ を求める。

【ステップ 3】

仮説をテストする。ここでは、

$$\gamma_a = -2[L_\lambda - (L^1 + L^2)] \quad (2)$$

が自由度 $K+1$ の χ^2 分布に従うことから、適当な有意水準 α を設定し、 χ^2 検定することによって行う。ただし、 K : 効用関数中の特性変数の数。

乗車時間、乗換回数、(総) 運賃、普通券購入回数を変数として、全サンプルを用いた場合、カード保有者のみのサンプルを用いた場合、カードを保有しない者のみのサンプルを用いた場合のそれぞれについてパラメータ推定を行った結果が、表-2 である。いずれも統計的に見て有意な結果が得られている。

表-2 から得られた結果より、各利用者層の最大対数尤度は、-127.42 と -86.77 である。次に、全サンプルデータをプーリングした上で、カード保有者層のスケールパラメータを 1 に基準化し、カード非保有者層のスケールパラメータを変化させて、対数尤度の最

表-2 各種利用層の鉄道経路選択モデル推定結果

変数名	単位	全サンプル	カード利用者層	非カード利用者層
乗車時間	分	-0.1492 (-5.930**)	-0.1196 (-3.754**)	-0.1913 (-4.629**)
乗換回数	回	-1.7427 (-7.812**)	-1.5149 (-5.391**)	-2.0988 (-5.584**)
運賃	円	-0.0058 (-3.752**)	-0.0059 (-3.052**)	-0.0060 (-2.389*)
普通券購入回数	回	0.6091 (-2.626**)	-0.5326 (-1.363*)	-0.6498 (-2.155*)
サンプル数		205	112	93
的中率	%	60.98	58.93	63.44
初期対数尤度		-331.38	-181.53	-149.85
最大対数尤度		-215.52	-127.42	-86.77
尤度比		0.349	0.298	0.421
DF調整尤度比		0.346	0.292	0.415

注 1) カッコ内は, t 値を示す。

2) *は 5% 危険度で有意, **は 1% 危険度で有意であることを示す。

大化を行った。その結果, $\lambda_2 = 1.3$ で最大対数尤度は最大となりその値は -214.47 となった。以上の結果に基づいて仮説検定のための χ^2 値を求めると, $\gamma_a = -2(-214.47 - (-127.42 - 86.77)) = 0.56$ となる。また, λ_2 の変化による感度を調べるため, $\lambda_2 = 1.2$ と $\lambda_2 = 1.4$ のケースについても同様の計算をしたところ, それぞれ 0.82 と 0.64 となった。自由度 5 の χ^2 分布表をもとに検定をおこなったところ, 仮説は支持されないことがわかった。

(2) 仮説 2 の検証

仮説 2 の検証に当たり, 回数券, 普通券, カードの 3 種類の支払区間の料金データとしては, それぞれ 1 回利用あたりの料金をそのまま使用した。一方で, 定期券のコストについては, その購入費用は既

にサンクされている可能性が高く, 私事交通の経路選択の際に, 利用者が購入した定期券のコストを考慮しているとは考えにくいことを考慮して, 次の 2 種類の取り扱いを行った。

(a) ケース 1 : 単に定期券利用区間の料金をゼロとする。

(b) ケース 2 : 定期券利用区間が途中に含まれる場合, もしその区間を普通券で利用すると仮定したときに支払うべき発駅から着駅までの全料金と, 当該区間の料金をゼロとしたときの全料金との差額を説明変数とする。ただし, この場合には「節約できる金額」と定義されるので, パラメータの符号は+になると期待される。

これらの 2 ケースについて, パラメータの推定結果を示したものが表-3 である。

表-3 各種利用層の鉄道経路選択モデル推定結果

変数名	単位	ケース 1	ケース 2
乗車時間	分	-0.1473 (-5.625**)	-0.1497 (-5.646**)
乗換回数	回	-1.8733 (-7.865**)	-1.8984 (-7.826**)
定期券	円		0.0012 (-0.586)
カード運賃	円	-0.0096 (-5.574**)	0.0090 (-4.548**)
回数券運賃	円	-0.0058 (-1.786*)	-0.0054 (-1.640*)
普通券運賃	円	-0.0104 (-5.801**)	-0.0098 (-4.768**)
普通券購入回数	回	-0.1820 (-0.677)	-0.1989 (-0.732)
サンプル数		205	205
的中率	%	64.88	65.85
初期対数尤度		-331.38	-331.38
最大対数尤度		-193.41	-193.24
尤度比		0.416	0.417
DF調整尤度比		0.412	0.412

注 1) カッコ内は, t 値を示す。

2) *は 5% 危険度で有意, **は 1% 危険度で有意であることを示す。

いずれのケースについても、普通券利用区間の運賃パラメータの絶対値が最も大きく、ついでカード利用、回数券利用の順になっていることがわかる。したがって、普通券利用時の価格感度が最も大きく、カードや回数券ではやや感度が低くなる傾向にあることが確かめられる。また、ケース間でこの傾向に大きな違いがないこともわかる。

次に、これらの差違が統計的に有意であるか否かを漸近 t 検定によって確かめた。まず、カードと普通券とのパラメータについて検討したところ、いずれも 25%危険度でのみ、仮説が支持できるということがわかった。一方で、カードと回数券、あるいは普通券と回数券との間については、いずれも 5%危険度で仮説を支持できることがわかった。したがって、いずれについても、強く支持されるというわけではないが、支払方法によってその感度は、ある程度異なる可能性が明らかとなった。

(3) 考察

以上より、まず仮説 1 は、支持されないことがわかった。これは、カードを所有する（あるいはカードを利用しがちな）人とカードを所有しない人とは、運賃に対する感度がほとんど変わらないことがわかる。運賃をあまり気にしないような行動をとりがちな人は、カードを好むからという理由ではなく、もっと異なる要因によって規定される可能性があることがわかった。

また、仮説 2 については、ある程度は支持できることがわかった。これは、同一人物による 1 トリップの中であっても、運賃を支払っている状況によって、料金に対する感度が異なりうることを示している。

5. おわりに

本研究では、料金支払方法による交通サービス利用者の価格に対する感度の違いを、鉄道経路の選択行動から実証的に分析した。その結果、カード保有者層とカード非保有者層との間では、価格感度に統計的に有意な差が見られないこと、同一人物であっても支払方法によって、価格感度が異なる可能性があることが明らかとなった。

以上の成果から次のようなことが指摘できる。

まず、第一に、今後の新たな運賃支払システムの普及、例えば共通乗車カードや IC カードの広範な普及によって、個々の利用者の行動特性の変化を介して、マーケット全体としても需要特性が変化する可能性があることが示唆される。

第 2 に、もし仮に利用者の時間に対する感度は支払方法によらず共通で、価格に対する感度のみが支払方法によって異なるという仮定をおくことができるならば、利用者の運賃感度の差異は、時間評価値の差異と解釈し直すことが可能となる。これは、当然ながら便益計測に影響を及ぼしうる。

第 3 に、もし仮にカードの普及により、価格感度が利用者全体として低下することが想定されるのであれば、利用者は、多少運賃が高くても、所要時間の短い経路を選択するようになる。これは、例えば異種鉄道事業者間の相互直通運転化や、鉄道延伸路線の第三セクター経営等により、連続した鉄道サービスにもかかわらず新たな初乗運賃を課さねばならないケースにおいても、追加運賃に対する利用者の心理的な抵抗が低減する可能性がある。

以上の結論には、分析のサンプル数が十分でない、統計的な有意性がやや低い等の問題を抱えており、今後改善を図っていきたい。

【参考文献】

- 1) Swait, J. and Louviere, J.: The Role of the Scale Parameter in the Estimation and Comparison of Multinomial Logit Models, *Journal of Marketing Research*, Vol. XXX(August), pp.305-14, 1993.
- 2) Oum, T. H., Waters II, W. G. and Yong, J. S.: Concepts of Price Elasticities of Transport Demand and Recent Empirical Estimates: An Interpretative Survey, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, pp.139-154, 1992.
- 3) Goodwin, P. B.: A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, pp.155-169, 1992.
- 4) Ben-Akiva, M. and S. Lerman : *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, Cambridge, MA. MIT Press, 1985.
- 5) Louviere, J., Hensher, D. and Swait, J.: *Stated Choice Methods: Analysis and Application*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- 6) Oum, T.H. and Waters II, W. G.: *Transport Demand Elasticities*, IN: Hensher, D. A. and Button, K. J.(ed.), *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier Science Ltd., pp.197-210, 2000.
- 7) Ben-Akiva, M. and Morikawa, T.: *Estimation of Travel Demand Models from Multiple Data Sources*, IN: Koshi, M. (ed.), *Transportation and Traffic Theory* Elsevier Science, pp. 461-476, 1990.
- 8) Morikawa, T.: Correcting stated dependence and serial correlation in RP/SP combined estimation method, *Transportation* 21(2), pp.153-66, 1994.